

ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ НАД 48-РАЗРЯДНЫМИ ЧИСЛАМИ В РЕЖИМЕ ПЛАВАЮЩЕЙ ЗАПЯТОЙ НА ЦВМ «УРАЛ-11Б»

В. К. КИВРАН

(Представлена научным семинаром УВЛ ТПИ)

Для решения многих задач на ЦВМ «Урал-11Б» в режиме плавающей запятой для достижения определенной точности вычислений часто имеющейся 24-разрядной сетки недостаточно. В настоящей работе предлагается интерпретирующая система для решения задач с расширенной разрядной сеткой.

В предложенной системе мантисса числа занимает 36 разрядов, порядок — 12 разрядов. Диапазон представляемых чисел $2^{320} \div 2^{-320}$, что соответствует примерно $10^{100} \div 10^{-100}$. Если порядок числа превышает по модулю 500₈, система предусматривает останов при положительном порядке и представление числа машинным нулем при отрицательном порядке.

Число в интерпретирующей системе записывается в две соседние ячейки, в первой — мантисса со знаком, продолжение ее в следующей неполной ячейке, далее следует порядок числа со знаком. Местоположение числа в НФ указывается адресом полной ячейки со старшими разрядами мантиссы.

В таком же виде представляется число и в псевдосумматоре, в ячейках 00040 ÷ 00043. Второе число для операции вызывается в ячейки 00044 ÷ 00047. Рабочее поле арифметических операций — 00050 ÷ 00057.

Следует отметить, что в программах, работающих с ИС, можно указать в адресной части команд адрес псевдосумматора. ИС позволяет выполнять все арифметические и логические операции системы команд ЦВМ «Урал-11Б», команды безусловных и условных передач управления, соответствующих сигналам ω_0 , ω_1 и ω_2 операции 01 МА. Кроме того, ИС позволяет выполнять команды обращения к внешним устройствам, если команды не имеют единицы в 15 разряде, т. е. адресная часть не должна превышать 37777. В противном случае для исполнения этих команд следует выйти из ИС.

В режиме плавающей запятой в системе ИС можно выполнять сложение, вычитание, вычитание модулей, вызов числа на псевдосумматор и посылку его по адресу. Кроме того, в системе предусмотрено умножение и деление чисел, извлечение квадратного корня, нормализация 48-разрядных чисел (с заменой после нормализации последних 12 разрядов порядком числа), посылка нуля в псевдосумматор и по адресу, перевод чисел из десятичной системы в двоичную и обратно, обращения к подпрограммам.

Признаком выполнения операции в режиме плавающей запятой является единица в 15-м разряде команды, т. е. к адресной части команды следует прибавить 40000_8 .

Любая команда в режиме плавающей запятой может произвести засылку результата по адресу, если команда «отрицательная». Например, команда $41M\ 40000+A$ производит сложение чисел псевдосумматора по адресу $A+[M]$ и результат засылает по тому же адресу.

В системе ИС можно использовать все счетчики модификаторов и все модификаторы, кроме 7-го, который можно использовать только для обращения к СП с выходом из ИС.

Включение ИС осуществляется командой 63701410 , после чего в системе ИС будет исполняться следующая команда. Выйти из ИС можно по команде $23M\ 40000+A$ в ячейку $A+[M]$ или $63M\ 40000+A$ в ячейку A .

В ИС приняты следующие коды операций с плавающей запятой.

- $00M\ 40000+A$ ($40M\ 40000+A$) — нормализация;
- $01M\ 40000+A$ ($41M\ 40000+A$) — сложение;
- $02M\ 40000+A$ или $42M\ 40000+A$ — вызов числа в псевдосумматор;
- $03M\ 40000+A$ ($43M\ 40000+A$) — вычитание;
- $04M\ 40000+A$ ($44M\ 40000+A$) — вычитание модулей;
- $05M\ 40000+A$ или $45M\ 40000+A$ — посылка числа по адресу;
- $06M\ 40000+A$ ($46M\ 40000+A$) — умножение;
- $07M\ 40000+A$ ($47M\ 40000+A$) — деление;
- $10M\ 40000+A^*$ ($50M\ 40000+A$) — извлечение квадратного корня из числа в псевдосумматоре;
- $12M\ 40000+A$ ($52M\ 40000+A$) — извлечение квадратного корня из числа по адресу;
- $13M\ 40000+A^*$ ($53M\ 40000+A$) — перевод числа в псевдосумматоре из двоичной системы в десятичную;
- $14M\ 40000+A$ ($54M\ 40000+A$) — перевод числа по адресу из двоичной системы в десятичную;
- $15M\ 40000+A^*$ ($55M\ 40000+A$) — перевод числа в псевдосумматоре из десятичной системы в двоичную;
- $16M\ 40000+A$ ($56M\ 40000+A$) — перевод числа по адресу из десятичной системы в двоичную;
- $17M\ 40000+A^*$ ($57M\ 40000+A$) — засылка нуля в псевдосумматор (или в псевдосумматор и по адресу).

Обращение к СП с выходом из ИС осуществляется командой $63740000+A$, где A — адрес первой команды СП. При этом запрещается использовать подстрочную запись исходной информации СП. Поэтому все исходные начальные данные перед обращением к СП должны быть на предусмотренных СП местах. Соответствующее требование предъявляется и к СП. Так, в СП элементарных функций аргумент и вычисленное значение функции должны располагаться в псевдосумматоре.

Обращение к подпрограммам, работающим без выхода из ИС, производится командой $63MA$, где A — адрес первой команды подпрограммы. Выход из нее осуществляется, как обычно, командой $23M00000+2n$, где n — число пропускаемых команд после обращения. При этом можно использовать любой модификатор, кроме 7-го.

Интерпретирующая система ИС включает в себя интерпретирующую программу ИП для реализации команд, блок арифметических опе-

* — номер модификатора и адрес A на выполнение операции не влияют.

раций БА, блок перевода чисел из десятичной системы в двоичную и обратно БП, библиотеку стандартных подпрограмм с сопроводительной программой БСП и расстановочную программу РП для автоматизации работы с БСП.

В настоящей работе представлены ИП, БА и БП. Размещение их в НФ должно быть следующим: в ячейках 01410÷01754 — ИП с константами в 01372÷01406; в ячейках 00100÷01360 — БА с константами в 01362÷01370, в ячейках 01754÷03006 — БП с константами в 02422÷02442.

Блоки БА и БП могут работать как в системе ИС, так и самостоятельно. Описание этих блоков не приводится ввиду простоты их алгоритмов и программ.

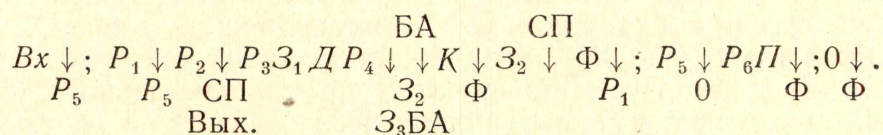
При работе БА и БП самостоятельно, без ИС, для выполнения операции необходимо заслать числа для операции в ячейки 00040÷00043 и 00044÷00047 и произвести обращение обычным способом. Результат будет находиться в ячейках 00040÷00043. При этом следует иметь в виду, что блок БП не может работать без БА. Обращение производится в следующие ячейки:

- 00374 — нормализация;
- 00122 — сложение;
- 00114 — вычитание;
- 00100 — вычитание модулей;
- 00470 — умножение;
- 00632 — деление;
- 01070 — извлечение квадратного корня из числа по адресу 00040÷00043;
- 01060 — извлечение квадратного корня из числа по адресу 00044÷00047;
- 01756 — перевод числа из двоичной системы в десятичную по адресу 00044÷00047;
- 01766 — перевод числа из двоичной системы в десятичную по адресу 00040÷00043;
- 0244 — перевод числа из десятичной системы в двоичную по адресу 00040÷00043;
- 02454 — перевод числа из десятичной системы в двоичную по адресу 00044÷00047.

Перед выполнением нормализации числа следует в неполную ячейку 00056 заслать порядок ненормализованного числа.

При выполнении блоком БА операций предусмотрен останов по команде 77700070, если порядок числа более +500%, при делении на нуль и извлечении квадратного корня из отрицательного числа.

Операторная схема ИП



- B_x (01410÷01412) — вход в ИС;
- P_1 (01560÷01562) — разделение команд с плавающей и фиксированной запятой;
- P_2 (01564÷01576) — отделение команд обращения к СП от операций с плавающей запятой;

P_3 (01604 ÷ 01610) — проверка на засылку результата по адресу;
 Z_1 (01612 ÷ 01632) — вызов числа по адресу;
 D (01634 ÷ 01646) — дешифратор команд;
 P_4 (01736 ÷ 01754) — распределитель операций;
 K (01666) — включение записи по адресу;
 Z_2 (01670 ÷ 01714) — засылка результата по адресу;
 Φ (01544 ÷ 01556) — вызов команды в ИС;
 Z_3 (015554 ÷ 01662) — засылка числа в псевдосумматор;
 P_5 (01600 ÷ 01602) — разделение команд передач управления и выполнения операций с фиксированной запятой;
 P_6 (01444 ÷ 01524) — дешифратор команд передач;
 Π (01650 ÷ 01652) — передача управления;
 O (01526 ÷ 01542) — выполнение операции с фиксированной запятой.

В приложении приведена полная программа интерпретирующей системы.

Приложение

00100	420	00040	00110	520	01362
2	520	01362	2	450	00044
4	450	00040	4	420	00044
6	420	00044	6	540	01364
00120	450	00044	00230	130	00046
2	560	00044	2	600	00466
4	600	00466	4	420	00052
6	560	00040	6	440	01367
00130	600	00142	00240	450	00052
2	420	00043	2	210	00202
4	430	00047	4	020	00046
6	450	00052	6	510	40001
00140	210	00172	00250	050	00046
2	020	00040	2	420	00044
4	050	00050	4	520	01364
6	020	00044	6	530	00046
00150	050	00040	00260	450	00046
2	020	00050	2	420	00042
4	050	00044	4	510	40002
6	020	00042	6	050	00042
00160	050	00050	00270	020	00040
2	020	00046	2	110	00026
4	050	00042	4	530	00042
6	020	00050	6	450	00042
00170	050	00046	00300	020	00040
2	420	00043	2	110	40001
4	410	01367	4	050	00040
6	450	00056	6	020	00046
00200	570	00047	00310	010	00042
2	020	00046	2	050	00042
4	510	40001	4	110	40027
6	050	00046	6	010	00044
00210	420	00045	00320	010	00040
2	510	00013	2	050	00040
4	530	00046	4	200	00334
6	450	00046	6	420	00042

00220	020	00044	00330	520	01364
2	110	40001	2	450	00040
4	050	00044	4	540	00042
6	120	01362	6	210	00366
00340	020	00042	00450	450	00043
2	600	00366	2	440	00434
4	120	01364	4	610	00466
6	130	01366	6	560	00043
00350	010	00040	00460	210	01370
2	050	00040	2	170	00040
4	020	00042	4	170	00042
6	120	01362	6	237	00000
00360	140	01362	00470	420	00047
2	010	01366	2	410	00043
4	050	00042	4	450	00056
6	020	00042	6	420	00046
00370	510	00001	00500	510	40001
2	050	00042	2	050	00046
4	020	00040	4	420	00042
6	120	01362	6	450	00052
00400	130	00042	00510	020	00040
2	600	00462	2	050	00050
4	420	00040	4	520	01364
6	520	00410	6	540	00044
00410	200	00446	00520	450	00044
2	020	00040	2	170	00040
4	110	00001	4	170	00042
6	050	00040	6	020	00046
00420	420	00042	00530	110	40001
2	510	40013	2	050	00046
4	530	00041	4	020	00044
6	450	00041	6	110	00026
00430	020	00042	00540	530	00046
2	510	00001	2	450	00046
4	050	00042	4	020	00044
6	420	00056	6	110	40001
00440	430	01367	00550	050	00044
2	450	00056	2	020	00050
4	230	00404	4	510	00001
6	420	00056	6	050	00050
00560	420	00052	00670	520	01362
2	510	40013	2	450	00044
4	530	00051	4	600	01370
6	450	00051	6	420	00633
00570	420	00052	00700	050	00054
2	510	00001	2	020	00040
4	450	00052	4	110	00001
6	130	00050	6	050	00040
00600	600	00626	00710	420	00042
2	560	00050	2	510	40013
4	210	00526	4	530	00041
6	020	00042	6	450	00041
00610	010	00046	00720	020	00042
2	050	00042	2	510	00001
4	110	40027	4	050	00042

6	010	00044	6	560	00057
00620	010	00040	00730	610	00746
2	050	00040	2	020	00052
4	230	00526	4	430	00046
6	020	00040	6	050	00052
00630	230	00324	00740	110	40027
2	420	00043	2	030	00044
4	430	00047	4	230	00760
6	410	01367	6	020	00052
00640	050	00056	00750	410	00046
2	020	00040	2	050	00052
4	120	01362	4	110	40027
6	050	00050	6	010	00044
00650	420	00042	00760	010	00050
2	510	40001	2	410	00055
4	050	00052	4	410	00055
6	420	00044	6	050	00050
00660	540	00040	00770	600	00776
2	450	00040	2	450	00057
4	170	00042	4	230	01006
6	420	00044	6	570	00057
01000	020	00052	01110	610	01370
2	600	01010	2	110	40001
4	450	00057	4	050	00044
6	610	01014	6	420	00043
01010	420	01364	01120	520	01367
2	450	00043	2	600	01156
4	420	00050	4	020	00046
6	520	01002	6	110	40001
01020	450	00055	01130	050	00046
2	020	00050	2	020	00044
4	110	00001	4	110	00026
6	050	00050	6	530	00046
01030	420	00052	01140	450	00046
2	110	40027	2	020	00044
4	010	00050	4	110	40001
6	050	00050	6	050	00044
01040	020	00052	01150	420	00043
2	110	00001	2	410	01367
4	050	00052	4	450	00043
6	420	00054	6	420	00043
01050	430	01367	01160	110	40001
2	450	00054	2	410	01367
4	210	00702	4	450	00056
6	230	00374	6	420	01364
01060	020	00044	01170	510	40003
2	050	00040	2	050	00040
4	020	00046	4	050	00050
6	050	00042	6	170	00042
01070	420	00042	01200	170	00052
2	510	40002	2	420	00053
4	050	00046	4	510	00003
6	020	00040	6	200	00626
01100	110	00026	01210	020	00046
2	530	00046	2	030	00042

4	450	00046	4	050	00054
6	020	00040	6	110	40027
01220	010	00044	01330	050	00052
2	030	00040	2	020	00050
4	600	01234	4	110	00026
6	610	01264	6	130	00052
01230	050	00044	01340	050	00052
2	230	01242	2	130	00042
4	560	00054	4	050	00042
6	600	01230	6	020	00050
01240	230	01226	01350	110	40001
2	020	00054	2	050	00050
4	050	00046	4	130	00040
6	020	00042	6	050	00040
01250	010	00052	01360	230	01202
2	050	00042	2	377	77777
4	110	40027	4	400	00000
6	010	00050	6	000	00001
01260	010	00040	01370	770	03700
2	230	01276	2	777	00070
4	020	00042	4	007	77776
6	140	00052	6	000	77776
01270	050	00042	01400	000	00002
2	020	00040	2	300	00004
4	140	00050	4	640	02400
6	050	00040	6	000	01666
01300	020	00044	01410	420	00466
2	110	00001	2	050	01534
4	050	00044	4	420	01534
6	420	00046	6	520	01402
01310	110	40026	01420	540	01422
2	010	00044	2	200	01526
4	050	00044	4	420	01534
6	020	00046	6	520	01356
01320	110	00001	01430	540	01356
2	050	00046	2	600	01526
4	020	00052	4	420	01534
6	110	40001	6	520	01370
01440	550	01404	01550	050	01554
2	600	01526	2	657	01664
4	170	03252	4	020	00000
6	550	01405	6	050	01534
01450	600	03246	01560	520	01403
2	550	01652	2	600	01414
4	200	01472	4	020	01714
6	420	01534	6	050	01666
01460	520	01372	01570	420	01534
2	030	01554	2	520	01371
4	030	01400	4	550	01470
6	050	03252	6	600	01534
01470	230	01506	01600	550	01530
2	420	01534	2	600	01526
4	520	01373	4	020	01534
6	600	03246	6	210	01612

01500	510	40015	01610	170	01666
2	530	01532	2	120	01374
4	050	03252	4	530	01604
6	420	01534	6	050	01624
01510	230	03240	01620	010	01400
2	530	01544	2	050	01630
4	050	03252	4	020	00000
6	420	01534	6	050	00044
01520	520	01372	01630	020	00002
2	130	01406	2	050	00046
4	050	01534	4	420	01534
6	420	00056	6	520	01371
01530	110	00013	01640	510	40021
2	010	00040	2	010	01740
4	000	00000	4	050	01646
6	050	00040	6	230	01716
01540	110	40013	01650	020	03252
2	450	00056	2	630	01550
4	020	01554	4	020	00044
6	010	01400	6	050	00040
01660	020	00046	01770	050	00062
2	050	00042	2	570	00060
4	570	00056	4	020	02422
6	230	01544	6	050	00044
01670	020	01534	02000	020	02424
2	120	01374	2	050	00046
4	530	01676	4	560	00043
6	050	01706	6	600	02100
01700	010	01400	02010	610	02024
2	050	01712	2	420	00060
4	020	00040	4	410	02427
6	050	00000	6	450	00060
01710	020	00042	02020	637	00632
2	050	00002	2	230	01774
4	230	01544	4	420	00060
6	230	00374	6	430	02427
01720	230	00122	02030	450	00060
2	230	01654	2	637	00470
4	230	00114	4	020	02422
6	230	00100	6	050	00044
01730	230	01670	02040	020	02424
2	230	00470	2	050	00046
4	230	00632	4	560	00043
6	230	01070	6	600	02100
01740	230	01716	02050	610	02024
2	230	01060	2	020	02430
4	230	01766	4	050	00044
6	230	01756	6	020	02432
01750	230	02444	02060	050	00046
2	230	02454	2	420	00060
4	230	00462	4	410	01367
6	020	00044	6	450	00060
01760	050	00040	02070	637	00632
2	020	00046	2	560	00043

4	050	00042	4	600	02100
6	020	00034	6	210	02052
02100	420	00043	02210	130	00046
2	430	02161	2	050	00046
4	450	00043	4	510	40002
6	420	00042	6	050	00052
02110	510	40001	02220	020	00044
2	450	00042	2	510	40001
4	420	00041	4	050	00044
6	510	00013	6	510	00026
02120	530	00042	02230	530	00052
2	450	00042	2	450	00052
4	020	00040	4	020	00044
6	110	40001	6	510	40002
02130	050	00040	02240	050	00050
2	420	00043	2	420	00053
4	410	01367	4	670	00047
6	450	00043	6	450	00047
02140	200	02106	02250	510	00014
2	420	00042	2	670	00052
4	050	00046	4	670	00046
6	020	00040	6	450	00046
02150	120	01362	02260	540	00046
2	050	00044	2	010	00050
4	420	00040	4	010	00044
6	520	01364	6	050	00044
02160	510	40003	02270	120	00054
2	530	02426	2	130	00040
4	050	00040	4	050	00040
02170	170	00042	6	120	00054
6	420	02435	02300	140	00044
2	050	00054	2	050	00044
4	570	00056	4	420	00046
6	020	00046	6	520	00056
02200	510	40001	02310	530	00042
2	050	00046	2	450	00042
4	420	00045	4	520	00056
6	510	00013	6	540	00046
02320	450	00046	02430	240	00000
2	420	00056	2	000	00004
4	510	40004	4	002	00360
6	450	00056	6	356	32624
02330	420	00055	02440	000	04007
2	510	00010	2	000	10470
4	530	00056	4	020	00040
6	450	00056	6	050	00044
02340	020	00054	02450	020	00042
2	510	40004	2	050	00046
4	050	00054	4	020	00004
6	530	00056	6	050	00062
02350	200	02176	02460	020	00034
2	420	00060	2	050	00064
4	520	01364	4	170	00040
6	510	40003	6	170	00042
02360	530	02426	02470	420	02435

2	450	00043
4	420	00060
6	440	04427
02370	600	02374
2	610	02406
4	450	00060
6	420	00043
02400	670	02434
2	450	00043
4	230	02364
6	420	00060
02410	530	00043
2	450	00043
4	020	00062
6	050	00034
02420	237	00000
2	255	00574
4	400	00042
6	500	00012
02540	050	00042
2	510	40002
4	050	00052
6	020	00040
02550	510	40001
2	050	00040
4	510	00026
6	530	00052
02560	450	00052
2	020	00040
4	510	40002
6	050	00050
02570	420	00053
2	670	00043
4	450	00043
6	510	00014
02600	670	00052
2	670	00042
4	450	00042
6	540	00042
02610	010	00050
2	010	00040
4	050	00040
6	420	00056
02620	510	40004
2	450	00056
4	420	00055
6	510	00010
02630	530	00056
2	450	00056
4	020	00054
6	510	40004
02640	050	00054
2	530	00056
4	200	02476
6	420	00044

2	050	00054
4	570	00056
6	020	00044
02500	120	00054
2	010	00040
4	050	00040
6	420	00046
02510	520	00056
2	670	00042
4	450	00042
6	540	00042
02520	010	00040
2	050	00040
4	020	00042
6	510	40001
02530	050	00042
2	420	00041
4	510	00013
6	130	00042
02650	520	01364
2	510	00003
4	530	00040
6	450	00040
02660	420	00047
2	510	00003
4	110	40003
6	450	00060
02670	637	00374
2	020	02436
4	050	00044
6	020	02440
02700	050	00046
2	637	00632
4	651	00000
6	420	02776
02710	450	02735
2	420	02703
4	560	00060
6	600	02764
02720	610	02724
2	420	02443
4	450	02751
6	420	00060
02730	441	02434
2	600	02736
4	610	02754
6	450	00060
02740	021	02422
2	050	00044
4	021	02422
6	050	00046
02750	637	00632
2	230	02726
4	641	00006
6	420	02717

02760	450	02735	03240	520	01373
2	230	02726	2	540	01534
4	020	00062	4	450	01534
6	050	00004	6	020	01534
02770	020	00064	03250	120	01376
2	050	00034	2	010	00000
4	237	00000	4	120	01376
6	000	02754	6	230	01512

ЛИТЕРАТУРА

1. Универсальные автоматические цифровые вычислительные машины «Урал-11». Инструкция по программированию. Часть I. Система команд. Программирование. БНТИ. 1965.
